

**В.В.Сидоренко, проф., д-р техн. наук, Н.В.Смирнова, ас.,**

**Л.В.Помазан, доц., канд. техн. наук**

*Кировоградский национальный технический университет*

## Система управления приводом рабочего инструмента станка размерной обработки дугой

Рассматривается задача своевременного обнаружения предпосылок возникновения экстремальных режимов работы станка с целью выработки упреждающего управляющего воздействия на подсистему управления приводом рабочего инструмента.

**размерная обработка дугой, система управления, стабилизация тока дуги**

Размерная обработка дугой (РОД) является процессом, основанным на использовании стационарной электрической дуги. В отличие от способов электроэрозионной обработки, основанных на использовании нестационарного электрического разряда, обработка дугой имеет большую продуктивность, которая прямо пропорциональна току дуги [1].

Обработка деталей ведется в режиме падающих характеристик сварочного выпрямителя, поскольку данный режим обеспечивает стабилизацию тока дуги в определенных пределах.

**Проблемой** является относительная нестабильность величины технологического тока, вызванная недостаточным быстродействием гидропривода подсистемы перемещения рабочего инструмента, что приводит к превышению заданного технологического тока на 20-25% и возникновению предпосылок коротких замыканий (КЗ) между рабочим инструментом и деталью.

Следствием является ухудшение качества обработки, вызванное увеличением диаметров эрозионных лунок в обрабатываемой детали и ускорение износа рабочего инструмента.

Поскольку величина рабочего зазора (межэлектродного промежутка) между рабочим инструментом и деталью составляет несколько десятков микрон, то отслеживать величину зазора с достаточной точностью не представляется возможным.

**Задачей** является своевременное обнаружение предпосылок возникновения экстремальных режимов работы станка с целью выработки упреждающего управляющего воздействия на подсистему управления приводом рабочего инструмента.

Исследования показали, что в моменты времени, предшествующие режиму короткого замыкания отчетливо выражены участки, на которых ток дуги кратковременно изменяется в сторону уменьшения. Изменение тока в нормальном режиме является следствием изменения параметров технологического режима обработки детали.

**Решением** задачи обнаружения предпосылок возникновения экстремального режима осуществляется методом сегментации исследуемого сигнала, в нашем случае – тока дуги, поскольку напряжение горения дуги не дает адекватной информации о протекаемом процессе вследствие самой природы горения дуги.

При использовании метода предполагается, что сигнал описывается последовательными единицами, характеризруемыми некоторыми моделями. В основе метода лежит использование статистики критерия, на основе которой сравниваются

две или три модели, оцененные по различным участкам сигнала, что позволяет обнаруживать скачки в параметрах модели.

Задача сегментации решается в три этапа:

- выбор структуры модели (модель авторегрессии АР);
- выбор статистики критерия (отношение правдоподобия);
- обнаружение изменения и оценка времени изменения.

Предполагается, что каждый сегмент сигнала описывается моделью АР порядка  $p$ , обозначаемой  $M(A, \sigma)$ , т. е.

$$\begin{cases} y_n = \varphi_n^T A + e_n \\ \text{var } e_n = \sigma^2 \end{cases}, \quad (1)$$

где  $A = (a_1, \dots, a_p)$  – параметры модели;

$\varphi_n^T = (y_{n-1}, \dots, y_{n-p})$ ;  $p$  – порядок модели;

$(e_n)$  – белый шум с нулевым средним и дисперсией  $\sigma^2$ .

Чтобы обнаружить скачок в параметрах модели (1), проверяются две гипотезы – альтернативы:

$H_0$ : сигнал  $[y_0, \dots, y_n]$  описывается моделью  $M_0(A_0, \sigma_0)$ ;

$H_1$ : в момент времени  $r$  происходит скачкообразная смена модели, так что сигнал  $[y_0, \dots, y_r]$  описывается моделью  $M_1(A_1, \sigma_1)$ , а сигнал  $[y_{r+1}, \dots, y_n]$  – моделью  $M_2(A_2, \sigma_2)$ .

Статистика критерия Брандта (2) базируется на обобщенном отношении правдоподобия (ООП)  $D_n$  между этими двумя гипотезами:

$$D_n = -(n-r) \ln \sigma_2^2 - r \ln \sigma_1^2 + n \ln \sigma_0^2. \quad (2)$$

Таким образом, решение о наличии скачка принимается, если

$$\min_{\substack{A_0, \sigma_0 \\ A_2, \sigma_2}} \max_{A_1, \sigma_1} \max_r D_n > D_0. \quad (3)$$

Текущее значение  $r$  определяется как аргумент выражения (3). Реализация критерия описывается следующим алгоритмом [2]:

1. Обнаружение изменения. На этом шаге величина  $n$ -г полагается равной фиксированной длине  $L$ .

2. Оценка времени изменения. Когда происходит обнаружение, в момент времени  $n_D$ , достаточно предположить, что истинное время изменения  $r^*$  удовлетворяет следующему выражению:  $n_D - L \leq r^* \leq n_D$ .

Затем, начиная со значения  $r = n_D - L$ , контролируется решающая функция ООП  $\Delta D_n$  при увеличении  $n$  ( $n_D \leq n \leq n_D + L$ ), для сравнения следующих гипотез:

$H_0'$ : скачкообразная смена модели происходит в момент времени  $r$ ;

$H_1'$ : скачкообразная смена модели происходит в момент времени  $n-L$ .

Если  $\Delta D_n \leq 0$ , то  $r$  не изменяется; если  $\Delta D_n > 0$ , то переменная  $r$  заменяется величиной  $n-L$ , и сравнение продолжается. Конечная оценка времени изменения приравнивается к величине, которую достигает переменная  $r$  при  $n = n_D + L$ .

Для выполнения этих последовательных этапов применяется несколько алгоритмов идентификации на основе ковариационных методов с растущей памятью и скользящего окна, реализованных в цепной форме.

Обозначим через  $n_0$  время инициализации алгоритма, через  $L$  – длину окна для оценки модели  $M_2$ :

для  $n_0 \leq n \leq n_0 + L$  обновить  $(A_0, \sigma_0)$ ;

для  $n_0 + L \leq n \leq n_0 + 2L$  обновить  $(A_0, \sigma_0)$ ,  $(A_2, \sigma_2)$ ;

для  $n_0 + 2L \leq n$  начать обнаружение;

присвоить  $D_{n_0+2L} = 0$ ;  
 до тех пор, пока  $D_n < D_{\min}$ ;  
 обновить  $(A_0, \sigma_0), (A_1, \sigma_1), (A_2, \sigma_2)$ ;  
 обновить  $D$ ;  
 когда  $D_n > D_{\min}$ , начать оценку времени изменения;  
 присвоить  $n_D = n$ ,  $r = n_D - L$ ,  $\Delta D_{n_D} = 0$ ;  
 в цикле: до тех пор, пока  $n \leq n_D + L$ ;  
     обновить  $(A_0, \sigma_0), (A_0', \sigma_0'); (A_1, \sigma_1), (A_2, \sigma_2)$ ;  
     вычислить  $\Delta D_n$ ;  
     когда  $\Delta D_n > 0$ , установить  $r = n_D - L$ ;  
 оценка момента изменения = конечное значение  $r$ .

Для инициализации модели  $(A_1, \sigma_1)$  используется последняя модель, идентифицированная в скользящем окне.

Таким образом, интегральная сумма оценок количества моментов изменения сигналов в сегменте (окне наблюдения) дает основания для получения оценки вероятности возникновения экстремального режима в процессе обработки детали электрической дугой.

На основании полученных оценок система управления осуществляет принятие решений по выработке управляющих сигналов для подсистемы управления перемещением рабочего инструмента.

**Результатом** практического применения метода обнаружения предпосылок возникновения экстремальных режимов в системе управления станком размерной обработки дугой является уменьшение общего времени реакции подсистемы управления перемещением рабочего инструмента за счет поступления упреждающего сигнала управления.

Снижается вероятность возникновения экстремальных режимов работы, близких к короткому замыканию и повышается качество обработки деталей.

## Список литературы

1. Носуленко В.И. Розмірна обробка металів електричною дугою. Автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.03.07 / Кіровоградський гос. техн. ун-т – К.: 1999.- 36 с.
2. Бассвиль. М., Банвениста А. Обнаружение изменения свойств сигналов и динамических систем. Пер. с англ. М.: Мир, 1989. - 278 с.

Розглядується завдання своєчасного виявлення передумов виникнення екстремальних режимів роботи верстата з метою вироблення попереджувальної дії на підсистему управління приводом робочого інструменту.

The task of machine-tool operations extreme modes occurrence pre-conditions timely detection is examined with the purpose the drive working tool anticipatory managing affecting subsystem making of.